



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1799127 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 200480014926.0

(22) 申请日 2004.05.31

(30) 优先权数据

152808/2003 2003.05.29 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2005.11.29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2004/007485 2004.05.31

(87) PCT申请的公布数据

W02004/107430 JA 2004.12.09

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 野泽俊久 石桥清隆 中西敏雄

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

H01L 21/31 (2006.01)

(56) 对比文件

W0 02/058130 A1, 2002.07.25, 说明书第 6

页第 3 行, 第 6 页第 11 行 - 第 7 页第 13 行, 第 16 页第 21 行 - 第 18 页第 15 行, 第 19 页第 11-15 行, 附图 1.

JP 特开 2000-269194 A, 2000.09.29, 全文.

JP 特开 2003-37105 A, 2003.02.07, 全文.

JP 特开 2003-133298 A, 2003.05.09, 全文.

JP 特开平 9-55376 A, 1997.02.25, 全文.

CN 1369021 A, 2002.09.11, 全文.

JP 特开 2000-294550 A, 2000.10.20, 全文.

JP 特开 2000-58292 A, 2000.02.25, 说明书第 29-30 段, 说明书第 50 段, 附图 1.

JP 特开平 11-74251 A, 1999.03.16, 全文.

审查员 夏杰

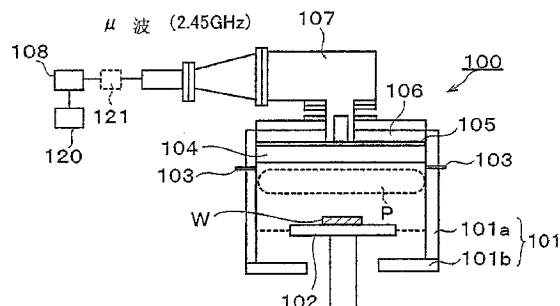
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

等离子体处理装置和等离子体处理方法

(57) 摘要

本发明提供一种等离子体发生装置, 可以抑制由产生等离子体引起的对被处理体的损坏, 进行适当的等离子体处理。该等离子体处理装置至少包含: 对被处理体进行等离子体处理的等离子体处理室; 将所述被处理体配置在所述等离子体处理室内的被处理体保持机构; 和在该等离子体处理室内产生等离子体的等离子体发生机构, 其中等离子体发生机构使用可供给间断的能量的装置。



1. 一种等离子体处理装置,对被处理体进行等离子体氮化处理,形成氧氮化膜,其特征在于,包括:

等离子体处理室,在该等离子体处理室的内部对所述被处理体实施等离子体氮化处理;

被处理体保持机构,该被处理体保持机构将配置在所述等离子体处理室内的所述被处理体进行保持;

等离子体发生机构,该等离子体发生机构向所述等离子体处理室内间断地供给能量,在所述等离子体处理室内产生等离子体;和

控制装置,该控制装置以脉冲形式供给所述间断的能量,并且进行脉冲控制,使脉冲频率为 10 ~ 100kHz、占空比为 20 ~ 80% 范围内,在所述等离子体处理室内生成电子温度为 0.5 ~ 1eV 的等离子体。

2. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置,其特征在于,通过所述控制装置,以时间调制形式供给所述间断的能量。

3. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置,其特征在于,通过所述控制装置,以脉冲带宽、脉冲间隔、或脉冲位置的调制供给所述间断的能量。

4. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述能量由包含具有多个槽的平面天线部件的天线部件供给。

5. 一种等离子体处理装置,向处理容器内供给间断的能量,生成等离子体,对被处理体进行等离子体氮化处理,形成氧氮化膜,包括:

在所述处理容器内形成的处理空间中载置所述被处理体的载置台;

向所述处理容器中导入处理气体的气体供给机构;

在所述处理容器的上方形成有开口部,气密地覆盖该开口部的绝缘部件;

配置在所述绝缘部件的上面,在所述处理容器内生成所述等离子体的天线部件;

与所述天线连接,用于供给所述能量的能量发生装置;

与所述能量发生装置连接,控制用于间断地供给所述能量的 ON-OFF 的控制装置;和

对所述处理容器内进行排气的排气装置,

该等离子体处理装置的特征在于,通过由所述控制装置对所述能量发生装置进行 ON-OFF,所述天线部件经由所述绝缘部件,向所述处理容器内间断地供给脉冲形式的能量,生成等离子体,并且通过所述控制装置对该能量进行脉冲控制,使脉冲频率为 10 ~ 100kHz、占空比为 20 ~ 80% 范围内,生成电子温度为 0.5 ~ 1eV 的等离子体。

6. 如权利要求 5 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述绝缘部件由石英或陶瓷材料构成。

7. 如权利要求 5 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述天线部件是具有多个槽的平面天线部件。

8. 如权利要求 5 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述载置台具有夹紧机构。

9. 如权利要求 5 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述载置台具有静电卡盘。

10. 如权利要求 5 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述载置台上连接有偏压电源。

11. 如权利要求 5 所述的等离子体处理装置,其特征在于,所述载置台上设置有加热

器。

等离子体处理装置和等离子体处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及为制造电子器件等,在对被处理体进行各种等离子体处理时使用的等离子体处理装置和等离子体处理方法。

背景技术

[0002] 本发明的等离子体处理装置一般可在以制造半导体和半导体器件、液晶器件等电子器件的材料代表的等离子体处理中广泛使用,因此这里为方便说明,以半导体件的背景技术为例进行说明。

[0003] 一般,在半导体器件的制造工序中,对作为被处理体的半导体器件用的基底材料(晶片)进行 CVD(化学气相堆积)处理、蚀刻处理、飞溅处理等各种处理。

[0004] 在现有技术中,为进行这样的各种处理,使用等离子体处理装置的情况很多。这是因为,在使用等离子体处理装置的情况下,通过使用非平衡的低温等离子体,有可在低温下进行现有的只有在高温下才产生的化学反应的优点。

[0005] 近年来,伴随半导体装置的微细化,强烈希望器件结构更薄膜化。例如,在作为半导体器件的结构,最通用的 MOS 型半导体器件的结构中,根据所谓的定标规则(scaling rule),对极薄的(例如 2nm 以下)而且品质优良的栅极绝缘膜的需求极高。

[0006] 现有技术对这种栅极绝缘膜的形成和处理(氧化处理,氮化处理等)主要使用等离子体(例如感应结合等离子体(ICP),微波等离子体等)来进行。

[0007] 然而,伴随上述器件结构的薄膜化,现在没有作为实质问题的一定程度的损坏,特别是由等离子体产生的电子、离子和/或基于紫外光的被处理体的损坏成为问题的情况增多。

[0008] 在产生这种被处理体损坏的情况下,容易产生栅极绝缘膜耐电压不佳,泄漏电流增加,晶体管驱动电流降低等新的问题。

[0009] 本发明的目的在于提供消除上述现有技术的缺点的等离子体处理装置和等离子体处理方法。

[0010] 本发明的另一个目的是提供可抑制因产生等离子体引起的对被处理体的损坏,可以进行适当的等离子体处理的等离子体处理装置和等离子体处理方法。

[0011] 发明内容

[0012] 本发明者精心研究的结果发现,为了达到上述目的,不是如现有技术那样基于连续地(和以连续波)供给的能量,将等离子体给与被处理体,而是基于间断地(即在规定的间隔中)供给的能量,将等离子体给与被处理体,极其有效。

[0013] 本发明的等离子体处理装置基于上述认知提出,更详细地说,本发明的等离子体处理装置的特征在于,至少包含:对被处理体进行等离子体处理的等离子体处理室,将上述被处理体配置在上述等离子体处理室内的被处理体保持机构,和在该等离子体处理室内产生等离子体的等离子体发生机构,其中,上述等离子体发生机构是可以基于供给间断的能量产生等离子体的装置。

[0014] 另外,本发明的等离子体处理被处理体的等离子体处理方法,使用至少包含以下装置的等离子体处理装置:对被处理体进行等离子体处理的等离子体处理室;将上述被处理体配置在上述等离子体处理室内的被处理体保持机构;在该等离子体处理室内产生等离子体的等离子体发生机构;和进行控制,使得上述等离子体发生机构供给间断的能量的控制装置,基于由使用所述等离子体发生机构的所述控制装置供给间断的能量产生等离子体,对上述被处理体进行等离子体处理。

[0015] 在具有上述结构的本发明中,通过基于上述等离子体发生装置供给间断的能量(微波、RF等)产生等离子体,将高效率地产生的原子团供给到被处理体,因此不实质降低等离子体处理的效率,可以实质降低等离子体处理的电子温度。

[0016] 此外,在本发明中,由于离子冲击的减少、充电损坏(charge updamage)的减少的原因,能够实质减少基于供给间断的能量的等离子体发出的离子和/或紫外光引起的被处理体的损坏。因此,根据本发明,可以不降低等离子体处理的效率,进行规定的等离子体处理(例如,等离子体氮化和/或等离子体氧化处理)。

[0017] 与此相对,在现有的等离子体处理中,即使在使用电子温度比较低的等离子体(例如ECR等离子体)的情况下,由于该等离子体的电子温度为2~4eV左右,因此基于连续的能量供给,将等离子体给与被处理体的情况下,该被处理体上产生损坏的可能性高。因此,采用本发明可以比现有技术减少对被处理体的损坏。

[0018] 如上所述,根据本发明,能够提供可抑制由产生等离子体引起的被处理体的损坏,同时可进行优选的等离子体处理的等离子体处理装置和等离子体处理方法。因此例如在绝缘膜成膜处理中应用情况下,可以抑制由损坏引起的绝缘膜的耐电压不佳,泄漏电流增加,晶体管驱动电流降低等问题的发生。

附图说明

[0019] 图1为表示本发明的等离子体处理装置的一个优选形式的示意截面图。

[0020] 图2为表示图1的等离子体处理装置的详细结构的一例的示意截面图。

[0021] 图3为表示由脉冲引起的电子温度降低的图形等的的数据。

[0022] 图4为表示由脉冲引起的电子温度降低的图形等的的数据。

[0023] 图5为表示由脉冲引起的电子温度降低的图形等的的数据。

[0024] 符号说明

[0025] 100 等离子体处理装置,101 等离子体处理室,102 放置台,104 绝缘板,105 平面天线部件,105a 槽,106 滞波部件,107 同轴波导管,108 微波发生装置,120 控制装置,121 调制装置

具体实施方式

[0026] 以下,根据需要,参照附图更具体地说明本发明。在以下的说明中,表示量比的“部”和“%”,只要不特别说明都是以质量为基准。

[0027] (等离子体处理装置)

[0028] 本发明的等离子体处理装置至少包含:对被处理体进行等离子体处理用的等离子体处理室;将上述被处理体配置在上述等离子体处理室内用的被处理保持机构;和在该

等离子体处理室内产生等离子体用的等离子体发生机构。在该等离子体处理装置中,上述等离子体发生机构可以基于供给间断的能量产生等离子体。

[0029] (供给间断的能量)

[0030] 在本发明中,所谓“供给间断的能量”是指在规定的时间内(例如 1ms),供用于产生等离子体用的能量供给为零的瞬间至少为 1 次。在本发明中,只要产生“供给间断的能量”,其“间断的”形式就没有特别的限制。即,能量供给的波形为矩形波形,三角波形,曲线波(例如正弦曲线)形等公知的波形均可。“供给间断的能量”优选为矩形波和高频波组合的形式产生。

[0031] 在本发明中,从等离子体产生的效率和减少被处理体的损坏的平衡的观点出发,在 1000ms 中,供发生等离子体用的能量供给为零的时间优选合计为 20 ~ 200 μ s,更优选为 50 ~ 100 μ s。

[0032] (调制)

[0033] 在本发明中,根据需要,上述“供给间断的能量”也可以用时间调制(time-modulation)形式给出。

[0034] (等离子体处理装置的一种形式)

[0035] 图 1 为表示本发明的等离子体处理装置的另一例的示意截面图。在该形式中,说明在等离子体 CVD(化学气相堆积,Chemical Vapor Deposition)处理中使用等离子体处理装置的情况。在其他等离子体处理(例如等离子体氧化和/或等离子体氮化处理)中使用图 1 的形式的装置的情况下,例如也可以不从后述的处理气体供给用的喷嘴 103 供给处理气体。其中,在图 1 的形式中,使用平面天线部件 105 作为天线部件。

[0036] 如图 1 所示,该等离子体处理装置 100 的例如侧壁 101a 或底部 101b 由铝等导体构成,整体具有呈筒体状的等离子体处理室 101,等离子体处理室 101 的内部构成密闭的处理空间 S。

[0037] 在该等离子体处理室 101 内容纳将被处理体(例如半导体晶片 W)放置在上面的放置台 102。该放置台 102 由例如氧化铝膜处理的铝等形成凸状的平坦的大致圆柱形。

[0038] 上述放置台 102 的上表面设置有助于保持晶片 W 的静电夹头或夹紧机构(未图示)。此外,该放置台 102 经由给电线(未图示),与匹配盒(matching box)(未图示)和偏压用高频电源(例如 13.56MHz 用,未图示)连接。在 CVD 情况下(即不施加偏压的情况),也可以不设置该偏压用高频电源。

[0039] 另一方面,在上述等离子体处理室 101 的侧壁上,作为气体供给机构,设置有将上述含有水蒸气的气体导入容器内的气体供给喷嘴 103。

[0040] 等离子体处理室 101 的顶部开口,由石英,Al₂O₃ 等陶瓷材料构成,经由 O 形圈等密封部件(未图示),气密地设置有对微波具有透过性的绝缘板 104(厚度例如约为 20mm)。

[0041] 该绝缘板 104 的上表面上设置有圆板状的平面天线部件 105 和具有高介电常数特性的滞波件 106(由石英,Al₂O₃, SiN 等构成)。微波从同轴波导管 107 传播至该平面天线部件 105。微波的频率不限于 2.45GHz,也可以使用其他频率(例如 8.35GHz)。

[0042] 微波由例如微波发生装置 108 产生。微波发生装置 108 例如通过控制 ON-OFF 的控制装置 120 的控制,以脉冲形式间断地输出微波,供给到同轴波导管 107。其中,也可以以调制装置 121 代替 ON-OFF 控制,对从微波发生装置 108 输出的微波进行时间调制,将微波

的能量间断地供给到同轴波导管 107。

[0043] 图 2 为更详细地表示图 1 的结构的例子的示意性截面图。如图 2 所示,该等离子体处理装置 100a 的例如侧壁 101a 或底部 101b 由铝等导体构成,整体具有呈筒体状的等离子体处理室 101,等离子体处理室 101 的内部构成密闭的处理空间。

[0044] 在该等离子体处理室 101 内容纳放置被处理体(例如半导体晶片 W)于其上的放置台(工作台)102。根据需要,在该放置台 102 内置加热晶片 W 用的加热器(未图示)。

[0045] 另外,在上述等离子体处理室 101 的侧壁上设置有将上述含有水蒸气的气体导入容器内的气体供给喷嘴 103 作为气体供给机构。在图 2 中,为均匀地排出气体,大致与侧壁 101a 垂直地配置气体挡板 109。另外,为防止从壁产生颗粒,在侧壁 101a 和气体挡板 109 的内侧配置石英玻璃制的衬垫 110。

[0046] 在等离子体处理室 101 的顶部开口上,经由 O 形圈等密封件(未图示)气密地设置由石英、 Al_2O_3 等陶瓷材料制成,对微波具有透过性的绝缘板 104(厚度约为 20mm)。

[0047] 在该绝缘板 104 的上表面设置圆板状的平面天线部件 105 和具有高介电率特性的滞波件 106(例如由石英、 Al_2O_3 、 AiN 等构成)。在平面天线部件 105 上成环状或涡卷状形成多个槽 105a。使用 RLSA(RadialLine Slot Antenna 径向线槽天线)。另外,通过具有高介电率特性的滞波件 106 的波长缩短效应,可缩短微波的管内波长。

[0048] 在图 2 中,在滞波件 106 上配置冷却滞波件 106 等用的冷却板 112,在该冷却板 112 内部和侧壁 101a 内部设置冷却这些部件的冷媒通路 113。如上所述,从同轴波导管 107 输出的微波(频率 2.45GHz 等)在上述平面天线部件 105 上传播。

[0049] 其次,说明使用以上结构的等离子体处理装置进行的处理方法的一例。

[0050] 参照图 2,首先,经由未图示的闸阀 68,通过搬送臂(未图示)将半导体晶片 W 收容在等离子体处理室 101 内,通过使提升机销子(未图示)上下运动,将晶片 W 放置台 102 的上面的放置面上。使等离子体处理室 101 内维持规定的处理压力(例如在 0.01~几 Pa 的范围内),对从等离子体气体供给喷嘴(未图示)输出的氩气进行流量控制并供给,同时,对从处理气体供给喷嘴 103 输出的 SiH_4 、 O_2 、 N_2 等沉积气体进行流量控制并供给。同时,经由同轴波导管 107,间断地将微波发生装置 108 产生的微波,供给到平面天线部件 105,将由滞波件 106 缩短波长的微波导入处理空间 S,这样,产生等离子体,进行规定的等离子体处理(例如通过等离子体 CVD 进行的成膜处理)。

[0051] (各部分的结构)

[0052] 以下,说明在图 1~2 中所示的各部分的结构和图 1~2 的装置中可以使用的材料等。

[0053] (电子器件用的基底材料)

[0054] 对在本发明中可以使用的上述电子器件用的基底材料没有特别的限制,可以从 1 种或 2 种以上公知的电子器件用的基底材料的组合中适当选择和使用。作为这种电子器件用的基底材料有半导体材料,液晶器件材料等。作为半导体材料可举出以单晶硅为主要成分的材料、以硅锗为主要成分的材料;作为液晶器件材料可举出在玻璃基板上成膜的多晶硅、无定形硅等。

[0055] (处理气体)

[0056] 在本发明中,可使用的处理气体没有特别的限制。即,在本发明中,在进行电子器

件基底材料的氧化处理的情况下,作为该处理气体,可以没有特别限制地使用至少是氧气和含氧原子的气体。另一方面,在本发明中,在进行电子器件的基底材料的氮化处理时,作为该处理气体,可以无特别限制地使用至少是氮气和含氮原子的气体。另外,在本发明中,在进行 CVD 处理的情况下,可以无特别限制地使用公知的沉积气体。

[0057] (优选的处理气体的例子)

[0058] 以下,举例表示可在本发明中很好地使用的处理气体及其流量比。

[0059] (1) 氧化处理

[0060] $\text{Ar}/\text{O}_2 = 1000/10 \sim 1000/100\text{sccm}$

[0061] (2) 氮化处理

[0062] $\text{Ar}/\text{N}_2 = 1000/10 \sim 1000/200\text{sccm}$

[0063] (3) CVD

[0064] $\text{Ar}/\text{C}_4\text{F}_8 = 1000/20 \sim 1000/400\text{sccm}$

[0065] (稀有气体)

[0066] 在本发明中,为了产生等离子体可以使用的稀有气体没有特别的限制,可以从可在电子器件制造中使用的公知的稀有气体的 1 种或 2 种以上的组合中适当地选择使用。作为这种处理气体的例子可举出氪 (Kr)、氙 (Xe)、氦 (He) 或氩 (Ar)。

[0067] (处理气体的条件)

[0068] 在根据本发明制成氧氮化膜的情况下,从应形成的膜的特性观点看,可使用下述条件。

[0069] (1) 稀有气体 (例如, Kr、Ar、He 或 Xe) 的流量为 $200 \sim 1000\text{sccm}$, 更优选为 $500 \sim 1000\text{sccm}$;

[0070] (2) 处理气体的流量为 $10 \sim 100\text{sccm}$, 更优选为 $20 \sim 50\text{sccm}$;

[0071] (3) 温度为室温 (25°C) $\sim 500^\circ\text{C}$, 更优选为 $250 \sim 400^\circ\text{C}$;

[0072] (4) 处理室内的压力为 $5 \sim 300\text{Pa}$, 更优选为 $6 \sim 150\text{Pa}$;

[0073] (5) 微波为 $0.5 \sim 3\text{W}/\text{cm}^2$ 更优选为 $0.7 \sim 1.5\text{W}/\text{cm}^2$ (微波的 ON/OFF 优选为 $10 \sim 100\text{kHz}$, 占空比为 $20\% \sim 80\%$)。

[0074] (优选的等离子体)

[0075] 在本发明中,可很好地使用的等离子体的特性如下。

[0076] (1) 电子温度为 $0.5 \sim 1.0\text{eV}$;

[0077] (2) 密度为 $1 \sim 20 \times 10^{11}/\text{cm}^3$;

[0078] (3) 等离子体密度的均匀性为 $\pm 10\%$ 。

[0079] 图 3 ~ 图 5 表示,在通过连续波 (CW) 连续地供给能量进行等离子体处理,和通过脉冲供给间断的能量进行等离子体处理情况下的,从晶片中心至边缘的电子温度和电子密度的结果。这些数据的条件等如图中所述。图 3 ~ 图 5 的处理的条件都是 Ar/N_2 的流量为 $1000/40\text{sccm}$, 处理室压力为 50mTorr , 将等离子体能量分别变化为 1000W (图 3 的例子), 1500W (图 4 的例子), 2000W (图 5 的例子)。在所有情况下,脉冲的频率 / 占空比有 $10(\text{kHz})/(50\%)$ 、 $12.5(\text{kHz})/(37.5\%)$ 、 $6.7(\text{kHz})/(66.7\%)$ 、 $6.7(\text{kHz})/(33.3\%)$ 四种。

[0080] 从这些结果可得出,根据本发明,供给间断的能量产生的等离子体进行的处理,与连续波进行的连续的能量强供给的情况相比,可以降低电子温度。但在电子密度方面,可实

现比连续波的情况更高的密度。因此,可以抑制对被处理体的损坏,同时可进行高品质的等离子体处理。

[0081] (其他的等离子体)

[0082] 在上述形式中,说明了利用微波产生等离子体,但只要能间断地进行能量供给,等离子体发生装置(等离子体源)就不特别限制。即除了微波以外,还可以使用 ICP(感应结合等离子体)。

[0083] (其他应用)

[0084] 在上述形式中,以在半导体晶片上进行成膜处理的情况为例进行了说明,但不仅限于此。本发明在等离子体蚀刻处理、等离子体灰化处理等中也可以应用。另外,作为被处理体不仅限于半导体晶片,对玻璃基板、LCD(液晶器件)基板等也可使用。

[0085] (产业上利用的可能性)

[0086] 本发明在半导体器件或平面显示器基板的制造工序(例如蚀刻处理,灰化处理,成膜处理等的等离子体处理)中 useful。

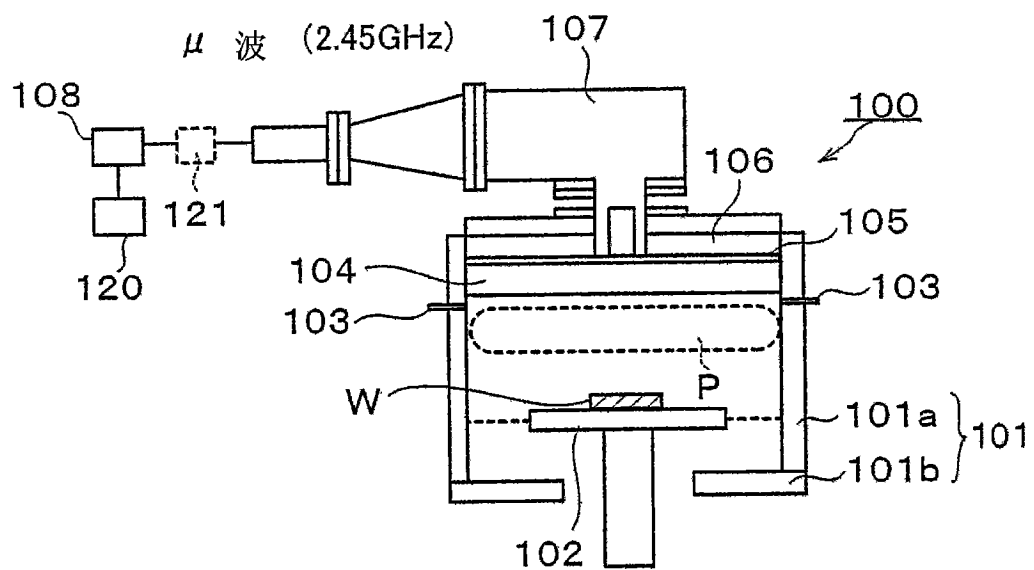


图 1

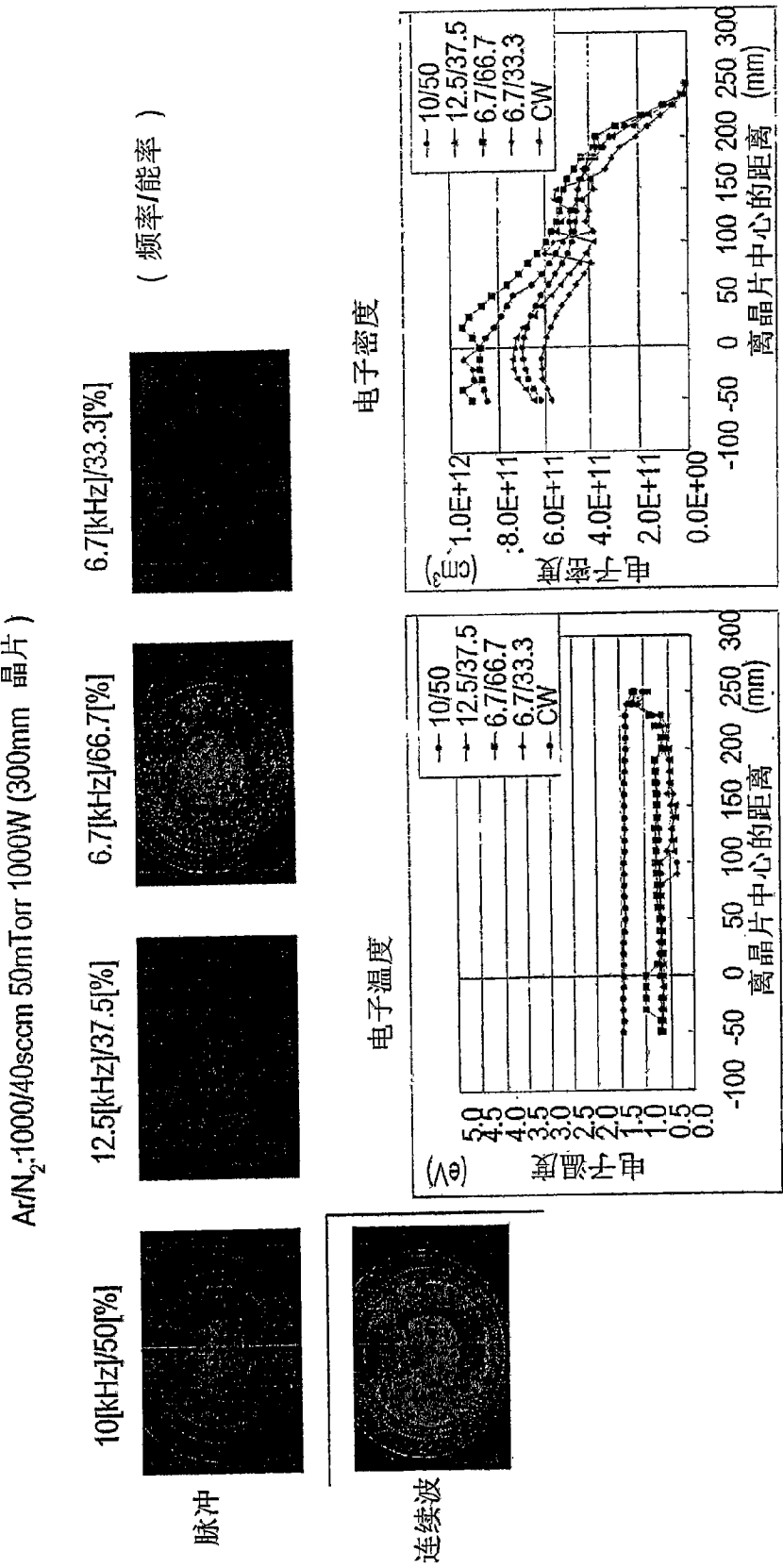
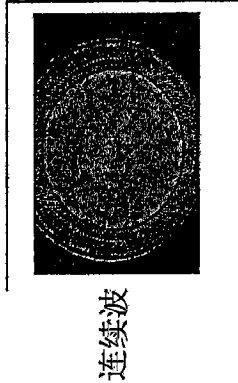
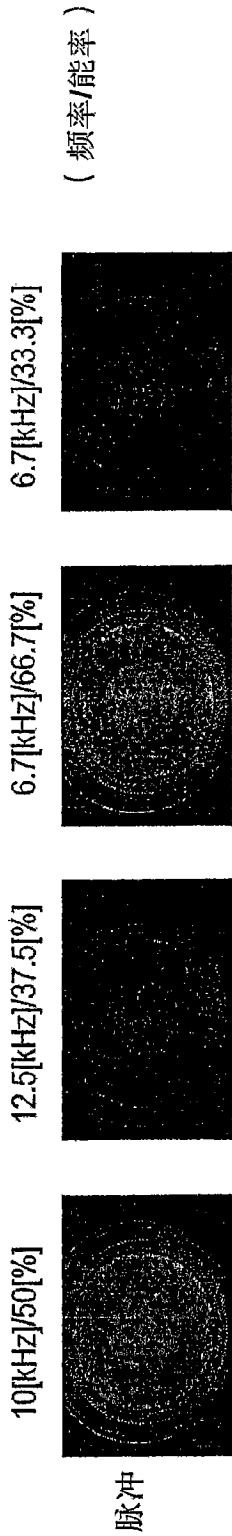
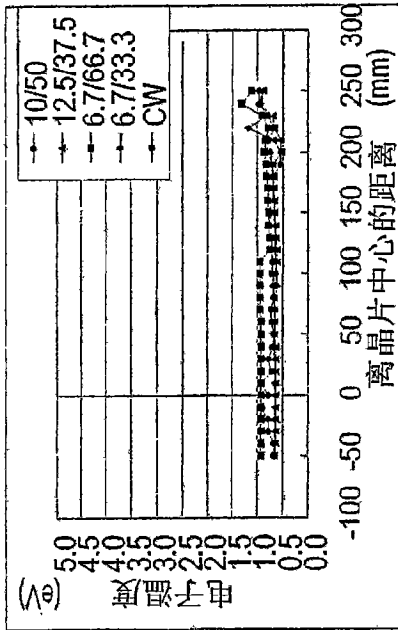


图3

Ar/N₂:1000/40sccm 50mTorr 1500W (300mm 晶片)



电子温度



电子密度

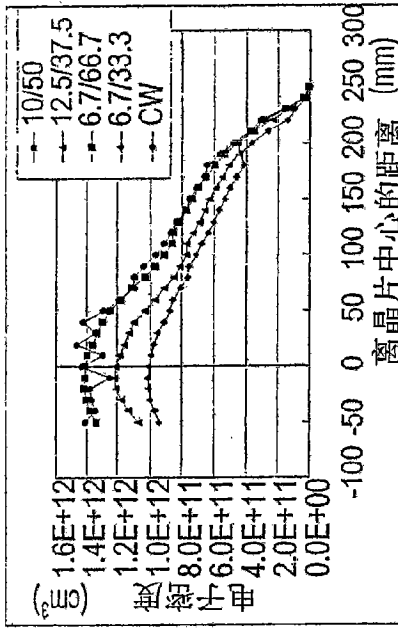


图4

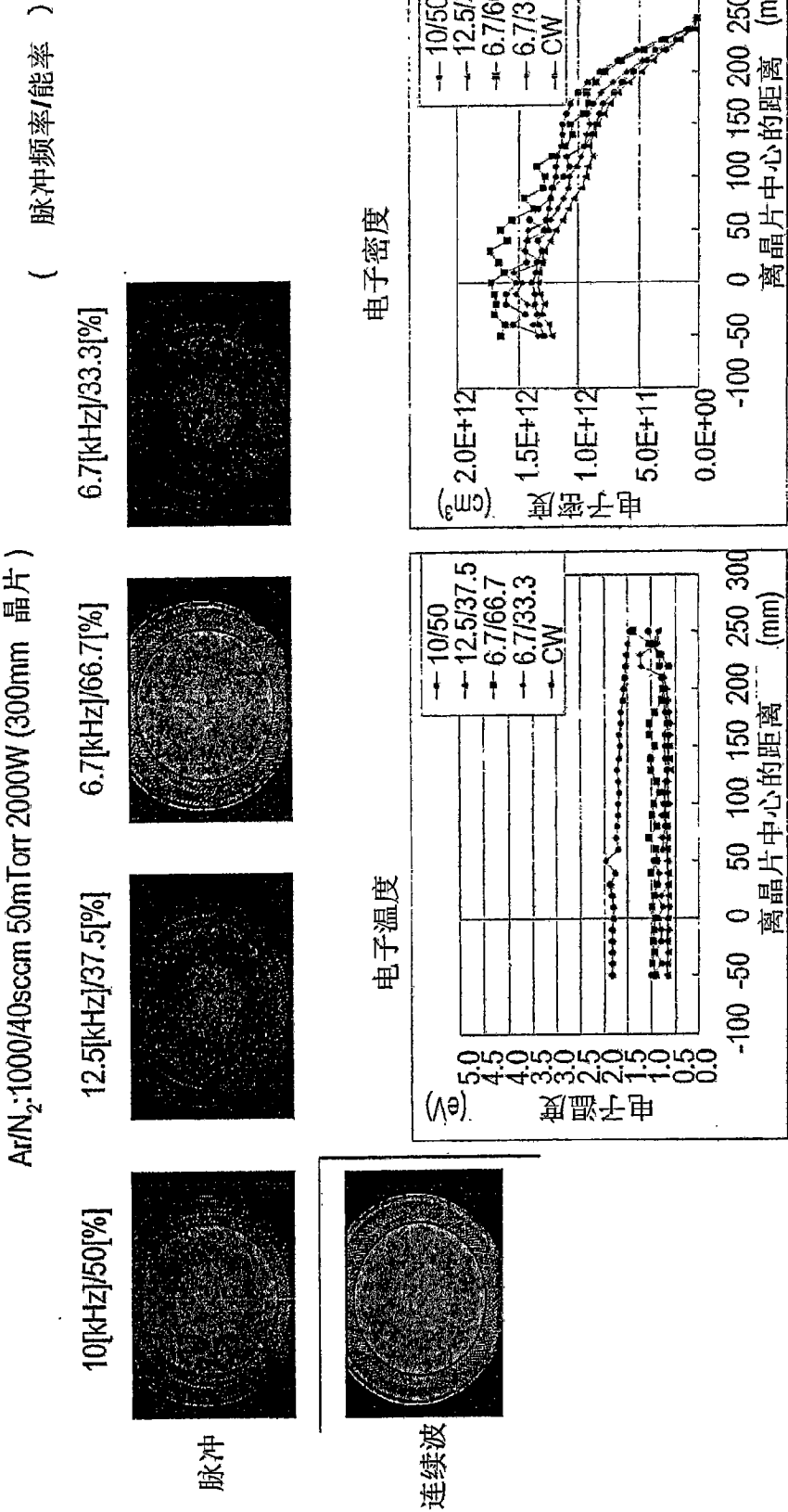


图5